



Programa de
Energías Renovables
y Eficiencia Energética
en Chile



Factibilidad técnico- económica

Planta Fotovoltaica Spa Club Providencia

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Edición:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:

Proyecto Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsables:

Matthias Grandel/ Ana Almonacid

En coordinación:

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.minenergia.cl

Título:

Factibilidad Técnico Económica Planta Fotovoltaica Spa Club de Providencia

Autores:

TRITEC-Intervento SpA
Dirección: Dr. Manuel Barros Borgoño N°346
Teléfono: +56 2 24458932
Web: www.tritec-intervento.cl



Aclaración:

Esta publicación ha sido preparada por encargo del “Proyecto Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor” implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la Iniciativa Internacional de Tecnología para la mejora del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB). Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

Santiago de Chile, 3 de Agosto de 2014

Contenido del informe

1.	OBJETIVO DE LA CONSULTORÍA.....	4
2.	CONTENIDOS ESPECÍFICOS.....	4
2.1.	FASE 1.....	4
2.1.1.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA.....	4
A.1.-	PERFILES DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD ANUAL.....	4
A.2.-	TARIFA DE ELECTRICIDAD POR AÑO.....	5
2.1.2.	B.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y TÉCNICA BÁSICA.....	6
B.1.-	VISITA A TERRENO.....	6
B.2.-	CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE FACTIBLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	7
B.3.-	NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR EN LAS INSTALACIONES.....	8
B.4.-	PUNTO(S) DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.....	8
B.5.-	FACTIBILIDAD ESPACIAL.....	8
2.2.	FASE 2.....	9
2.2.1.	ANÁLISIS TÉCNICO DE DOS ESCENARIOS.....	9
C.1.-	ESCENARIO 1: 100% AUTOCONSUMO.....	9
C.2.-	ESCENARIO 2: INYECCIÓN A LA RED (NETBILLING).....	9
2.2.2.	- ANÁLISIS ECONÓMICO.....	10
D.1.-	ENERGÍA ANUAL GENERADA.....	10
D.2.-	COSTOS DE INVERSIÓN.....	11
D.3.-	ESTIMACIÓN DE AHORROS FUTUROS (CASH FLOW).....	12
D.4.-	CÁLCULO DE BUSINESS-CASE.....	13
3.	CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS.....	14
4.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	16
F.1.-	EVALUACIÓN PRECIO CONSTANTE ENERGÍA.....	16
F.2.-	EVALUACIÓN PRECIO VARIABLE DE LA ENERGÍA.....	17

1. Objetivo de la Consultoría

Elaboración de un estudio de Pre-Factibilidad Técnica económica para la implementación de energía solar fotovoltaica para autoconsumo en el edificio Spa Club Providencia de la municipalidad de Providencia.

2. Contenidos Específicos

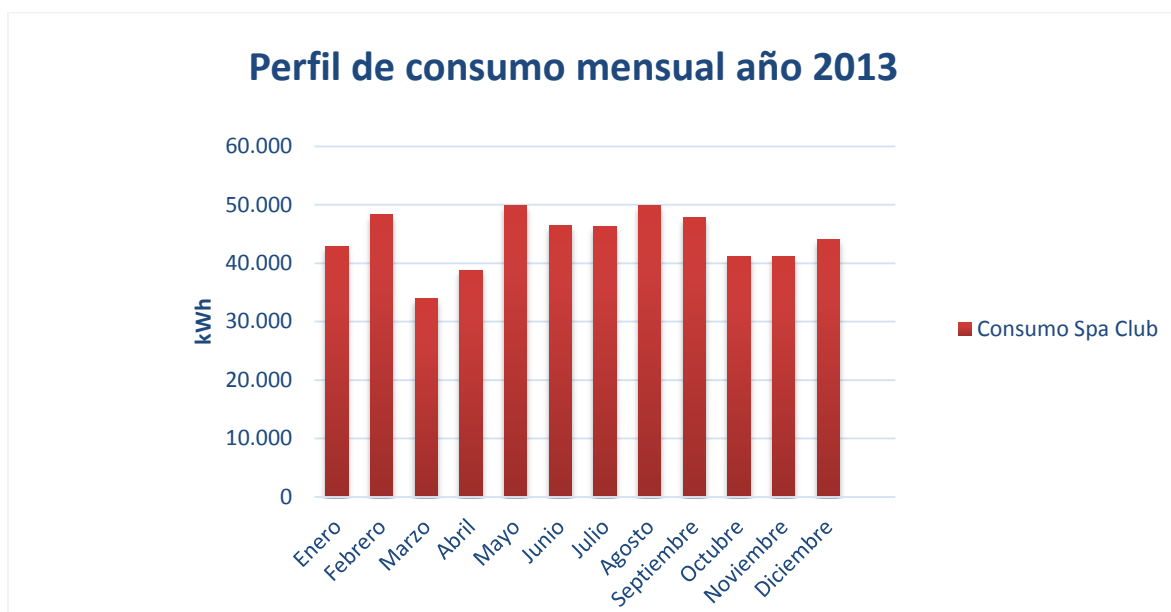
2.1. Fase 1

2.1.1. Análisis de la demanda eléctrica

A.1. Perfiles de consumo de electricidad Anual

Perfil Mensual:

De acuerdo a la información proporcionada por el Spa Club de providencia, el perfil de consumo eléctrico mensual se caracteriza por medio del siguiente gráfico:



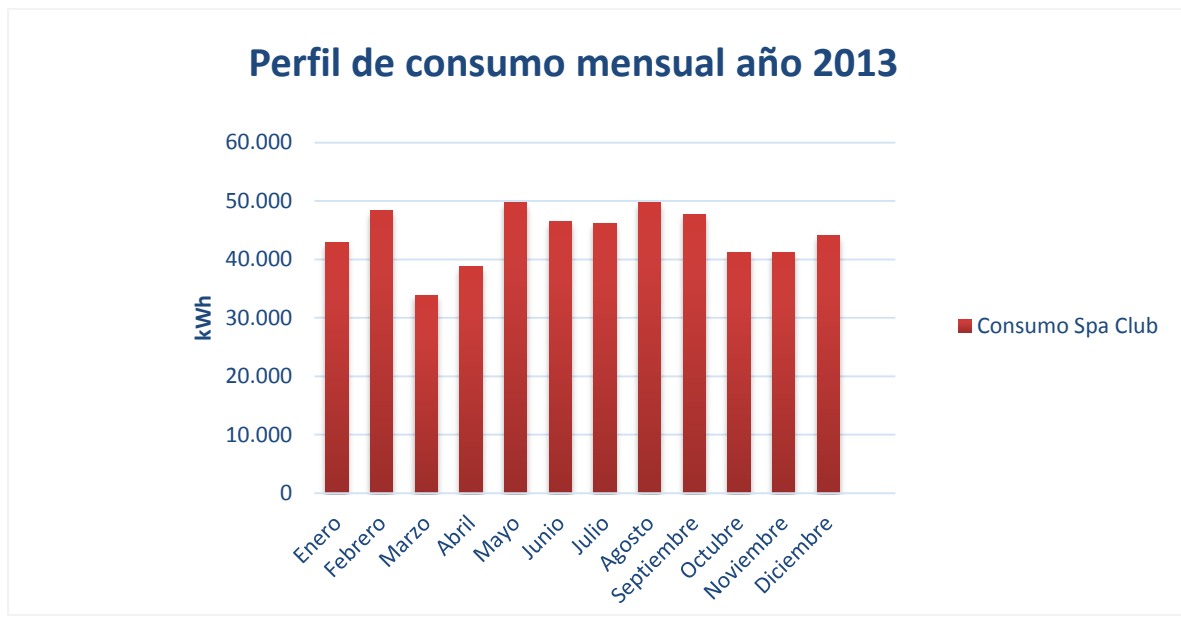


Gráfico 1: Perfil de consumo Mensual

Perfil diario:

Por otro lado el perfil de consumo eléctrico diario se pudo estimar como sigue:

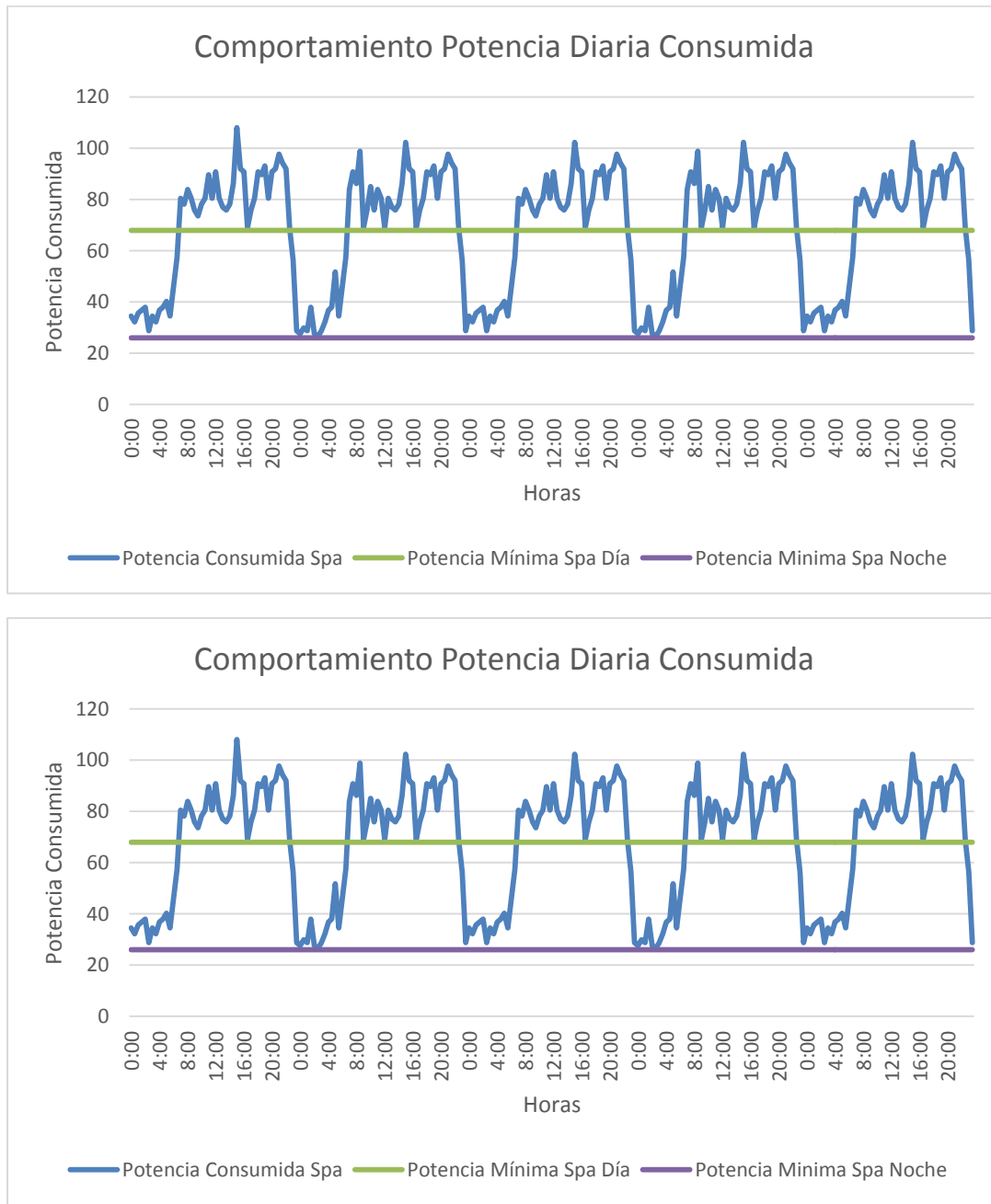


Gráfico 2: Potencia Eléctrica Diaria consumida por el Spa Club de Providencia

La estimación general anterior fue posible por medio de un registro histórico del consumo diario entre días de semana y fin de semana, extrapolando a la situación que actualmente se presenta en el recinto, debido a que no existen mayores cambios en los hábitos de consumo del Spa.

El análisis del comportamiento en el consumo eléctrico da como resultado caracterizar una potencia mínima durante el día de 75 kW y una potencia mínima durante la noche de 28 kW. Estos valores son relevantes a la hora de evaluar si se obtienen excedentes de energía a la red.

Cantidad y tipo de empalmes

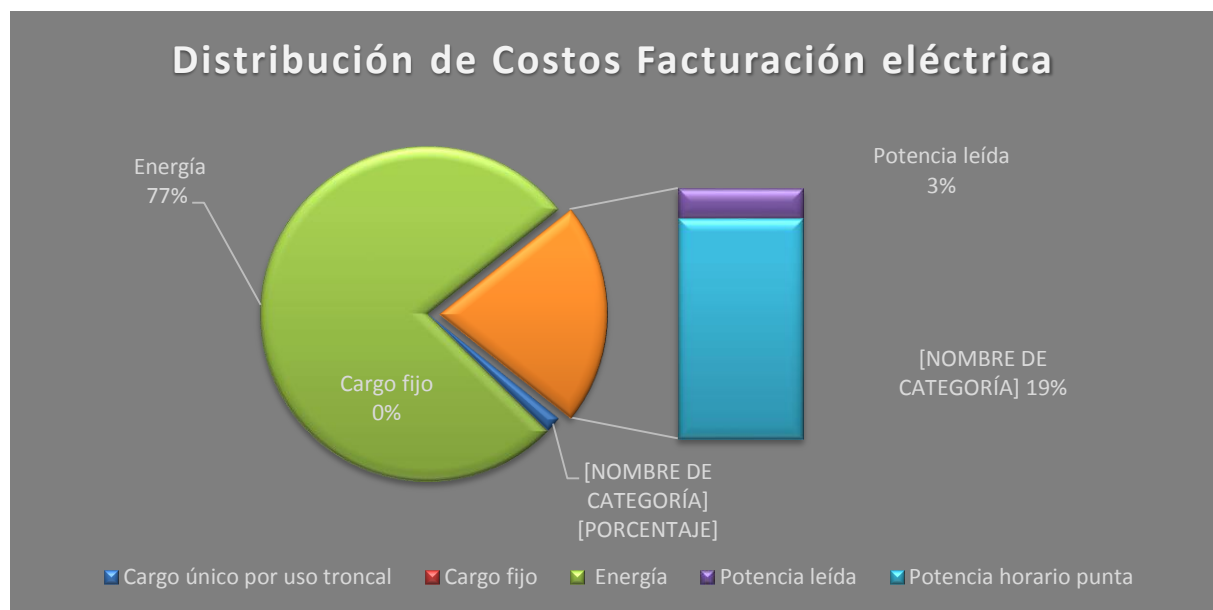
Se tiene un solo empalme en las instalaciones el cual corresponde al medidor N° 7859, teniendo una tarifa de AT-4.3 de la empresa distribuidora Chilectra. En este sentido no es posible evaluar la opción de optimizar la tarifa eléctrica del recinto.

A.2. Tarifa de electricidad por año

El tipo de contrato eléctrico que poseen las instalaciones del Spa Club de providencia se encuentran de acuerdo a la tarifa que se les cobra a los clientes regulados dentro del Sistema Interconectado Central (SIC) por medio de Chilectra (Distribuidora SPA). La tarifa considerada en el estudio es la AT-4.3 con un costo de 40,5 CLP/kWh.

Para estimar porcentualmente la distribución de costos de la tarifa durante un año, se consideró: el cargo fijo, cargo por energía consumida, cargo por potencia leída, potencia máxima suministrada en horario punta y cargo por uso del sistema troncal.

La distribución porcentual entre los costos eléctricos que se cobran por la clasificación tarifaria se muestran en el siguiente gráfico:



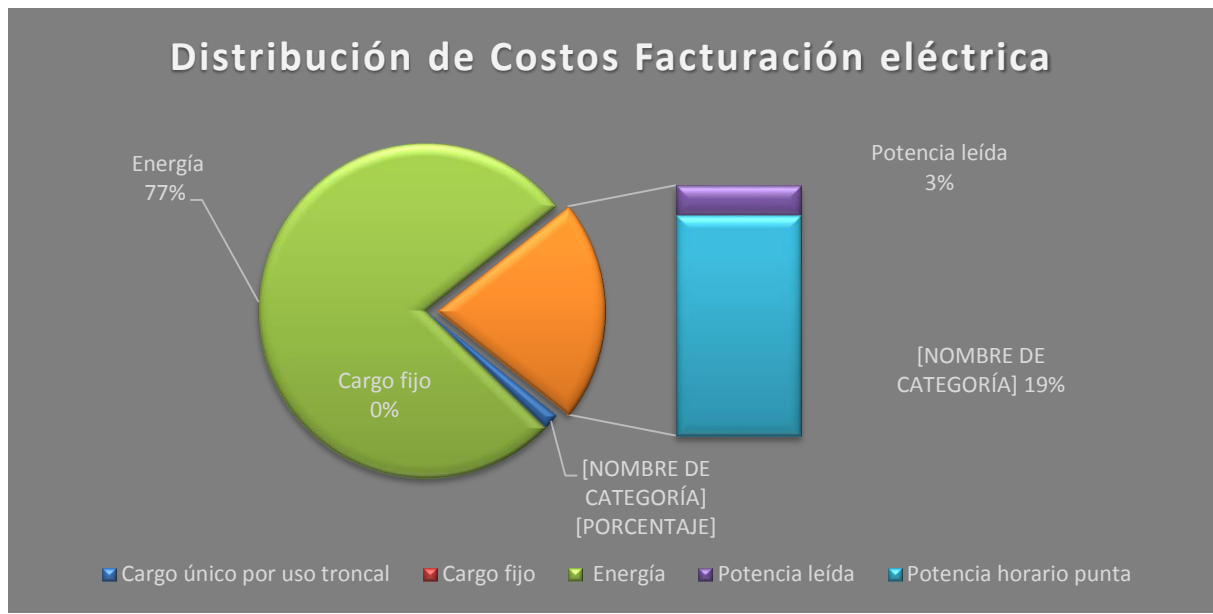


Gráfico 3: Distribución porcentual de costos de la tarifa AT4.3 del Spa Club Providencia

2.1.2. B. Análisis estructural y técnica básica

B.1. Visita a Terreno

En base a la visita a terreno efectuada el miércoles 13 de agosto de 2014, se determinó que la superficie factible para la instalación de la planta fotovoltaica será la techumbre de la piscina del SPA. La cual se puede apreciar en las siguientes ilustraciones:





Ilustración 1: Estructura techumbre zona factible de instalación y fotografías de la cubierta.

B.2. Características de la Superficie Factible para la implementación

i. Material de construcción techumbre

- Madera aserrada y laminada pino radiata

ii. Inclinação y dirección de la superficie de instalación:

- 1-2° Grados al este

iii. Fijación de paneles y canalización:

La estimación de la distancia al automático general o tablero eléctrico general es aproximadamente **entre 15-20 metros** desde la instalación fotovoltaica hasta el tablero eléctrico. Las fijaciones de la planta fotovoltaica se fijaran mediante pernos a las vigas de la techumbre, a los cuales se les pone una protección de goma para evitar filtraciones de agua por la lluvia.

B.3. Nivel de Radiación Solar en las instalaciones

La medición de la radiación solar se evaluó por medio del software Solar Gis. El reporte se adjunta en los anexos del presente estudio.

B.4. Punto(s) de conexión a la red eléctrica

La conexión se realizaría al **tablero general** que se encuentra en la sala de bombas del SPA.



Ilustración 2: zona factible punto de conexión

B.5. Factibilidad Espacial

Existe factibilidad espacial para la instalación de los inversores e interruptores que tendrá la planta fotovoltaica, donde los inversores son posibles instalarlos a menos de 5 metros del tablero general.



Ilustración 3: Zona factible de instalación Inversores

2.2. Fase 2

2.2.1. Análisis técnico de dos escenarios

C.1. Escenario 1: 100% autoconsumo

Para este escenario se determinó que el dimensionamiento de la planta solar queda acotado por la superficie disponible para la instalación y el perfil diario que posee el Spa en cuanto a consumo eléctrico.

De acuerdo a lo anterior, la superficie disponible para la instalación es de aproximadamente unos 350 m² (50% de la superficie disponible total) de los cuales es posible instalar una planta de máximo 34,65 kWp de potencia eléctrica.

La orientación óptima del sistema es hacia el norte con una inclinación de 20 ó 30 grados.

El diseño básico del sistema fotovoltaico se especifica en los anexos del presente estudio.

C.2. Escenario 2: Inyección a la red (Netbilling)

Con respecto a la potencia estimada y el perfil diario calculado, no existe posibilidad de inyección a la red debido a que la potencia suministrada por la planta FV durante el día (34,65 kWp-Verano), es menor a la mínima diaria consumida por las instalaciones del Spa Club (ver siguiente gráfico).

Esto se debe a que la superficie de instalación se encuentra limitada, ya que el resto se encuentra destinado para la instalación de paneles termo solares.

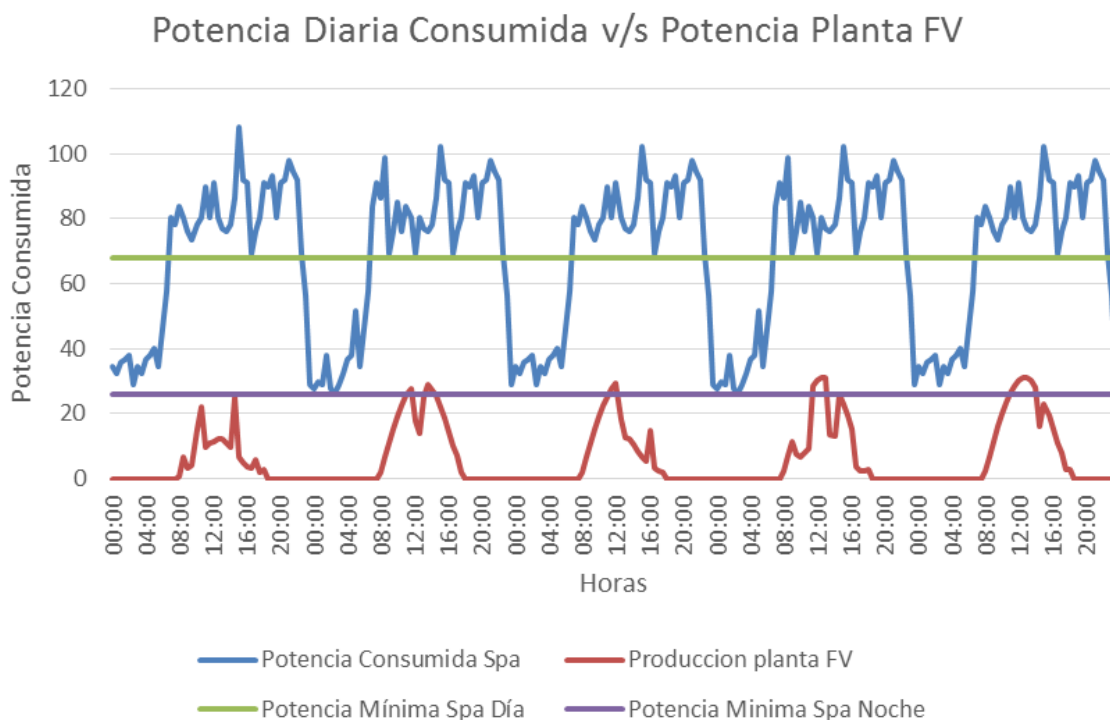


Gráfico 4: Comparación consumo Spa año 2013 respecto a la futura generación fotovoltaica

2.2.2. Análisis Económico

D.1. Energía Anual Generada

La energía generada por la planta fotovoltaica se especifica a continuación en la siguiente tabla. Posteriormente se describe la cantidad de energía ahorrada respecto a la consumida por el Spa en el año 2013, si es que la planta hubiese entrado en funcionamiento ese año.

Tabla 1: Consumo año 2013 y Futura generación fotovoltaica

Meses	Consumo cliente	Producción del sistema fotovoltaico
Enero	42.900 kWh	5.198 kWh
Febrero	48.300 kWh	4.581 kWh
Marzo	33.900 kWh	4.718 kWh
Abril	38.808 kWh	3.712 kWh
Mayo	49.800 kWh	2.961 kWh
Junio	46.500 kWh	2.417 kWh
Julio	46.200 kWh	2.851 kWh
Agosto	49.800 kWh	3.028 kWh
Septiembre	47.770 kWh	3.646 kWh
Octubre	41.100 kWh	4.306 kWh
Noviembre	44.036 kWh	4.737 kWh
Diciembre	44.400 kWh	5.130 kWh

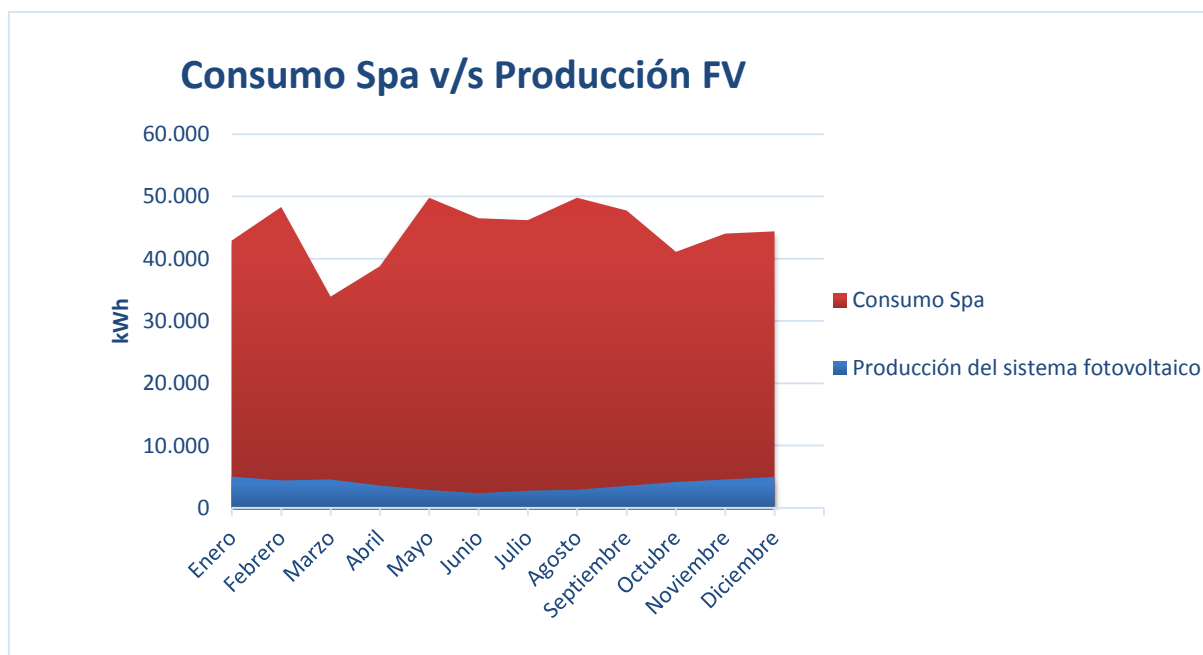
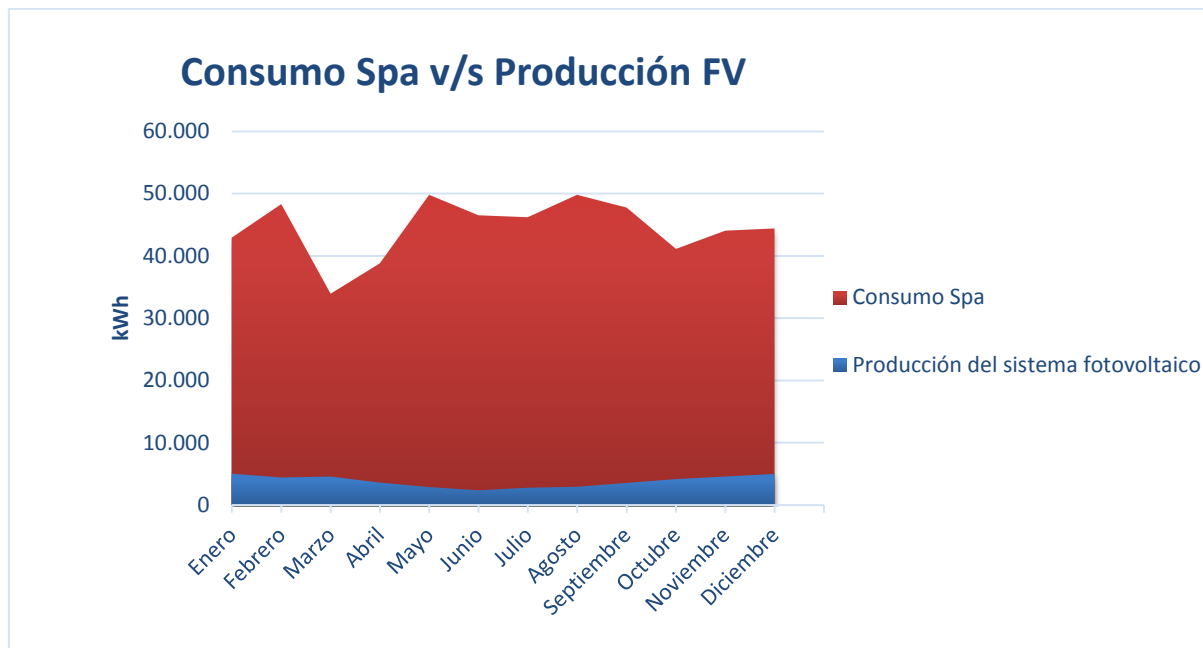


Gráfico 5: Comparación consumo Spa año 2013 y generación fotovoltaica

El resto de los resultados como costos de inversión, análisis de rentabilidad y estimación de ahorros futuros se encuentran en las páginas siguientes.

D.2. Costos de Inversión

Ítem	Descripción	Costo CLP
------	-------------	-----------

1	Descripción Preparación de la Planta Fotovoltaica	2.142.867
2	Instalación y montaje	5.355.843
3	110 Módulos fotovoltaicos Ja Solar 310 Wp	17.833.169
4	Estructura soporte y sistema de montaje (adaptada)	5.940.000
5	Cableado AC/DC	787.584
6	2 Inversores SMA Tripower Sunny 17000-TL	5.939.612
7	Protecciones eléctricas	153.123
8	Monitoreo y Seguimiento SMA Sunny Webbox	387.967
	Monto total (sin IVA)	38.540.165

(Calculado en base a un tipo de cambio actual: 776,71 CLP/EUR)

Ingresos	1. año	2. año	3. año	4. año	5. año	6. año	7. año	8. año	9. año
Producción eléctrica	59,990 kWh	59,750 kWh	59,511 kWh	59,273 kWh	59,036 kWh	58,800 kWh	58,565 kWh	58,330 kWh	58,097 kWh
Precio en CLP/kWh	40.5 CLP	42.1 CLP	43.8 CLP	45.6 CLP	47.4 CLP	49.3 CLP	51.2 CLP	53.3 CLP	55.4 CLP
Ingreso/Ahorro	2,429,595 CLP	2,516,672 CLP	2,606,869 CLP	2,700,299 CLP	2,797,078 CLP	2,897,325 CLP	3,001,166 CLP	3,108,727 CLP	3,220,144 CLP
Mantención	154,161 CLP	157,244 CLP	160,389 CLP	163,597 CLP	166,868 CLP	170,206 CLP	173,610 CLP	177,082 CLP	180,624 CLP
Ingreso acumulado	2,275,434 CLP	4,634,862 CLP	7,081,343 CLP	9,618,045 CLP	12,248,255 CLP	14,975,375 CLP	17,802,930 CLP	20,734,575 CLP	23,774,096 CLP
Cash Flow	-36,264,731 CLP	2,359,428 CLP	2,446,480 CLP	2,536,703 CLP	2,630,210 CLP	2,727,120 CLP	2,827,556 CLP	2,931,645 CLP	3,039,520 CLP

Ingresos	10. año	11. año	12. año	13. año	14. año	15. año	16. año	17. año	18. año
Producción eléctrica	57,865 kWh	57,633 kWh	57,403 kWh	57,173 kWh	56,944 kWh	56,717 kWh	56,490 kWh	56,264 kWh	56,039 kWh
Precio en CLP/kWh	57.6 CLP	59.9 CLP	62.3 CLP	64.8 CLP	67.4 CLP	70.1 CLP	72.9 CLP	75.9 CLP	78.9 CLP
Ingreso/Ahorro	3,335,554 CLP	3,455,100 CLP	3,578,931 CLP	3,707,200 CLP	3,840,066 CLP	3,977,694 CLP	4,120,255 CLP	4,267,925 CLP	4,420,887 CLP
Mantención	184,236 CLP	187,921 CLP	191,679 CLP	195,513 CLP	199,423 CLP	203,412 CLP	207,480 CLP	211,630 CLP	215,862 CLP
Ingreso acumulado	26,925,414 CLP	30,192,593 CLP	33,579,845 CLP	37,091,532 CLP	40,732,174 CLP	44,506,457 CLP	48,419,231 CLP	52,475,526 CLP	56,680,551 CLP
Cash Flow	3,151,318 CLP	3,267,179 CLP	3,387,252 CLP	3,511,687 CLP	3,640,643 CLP	3,774,282 CLP	3,912,775 CLP	4,056,295 CLP	4,205,025 CLP

Ingresos	19. año	20. año	21. año	22. año	23. año	24. año	25. año
Producción eléctrica	55,814 kWh	55,591 kWh	55,369 kWh	55,147 kWh	54,927 kWh	54,707 kWh	54,488 kWh
Precio en CLP/kWh	82.0 CLP	85.3 CLP	88.7 CLP	92.3 CLP	96.0 CLP	99.8 CLP	103.8 CLP
Ingreso/Ahorro	4,579,332 CLP	4,743,455 CLP	4,913,460 CLP	5,089,559 CLP	5,271,968 CLP	5,460,916 CLP	5,656,635 CLP
Mantención	220,179 CLP	224,583 CLP	229,075 CLP	233,656 CLP	238,329 CLP	243,096 CLP	247,958 CLP
Ingreso acumulado	61,039,703 CLP	65,558,575 CLP	70,242,961 CLP	75,098,863 CLP	80,132,502 CLP	85,350,322 CLP	90,758,999 CLP
Cash Flow	4,359,152 CLP	4,518,872 CLP	4,684,386 CLP	4,855,902 CLP	5,033,639 CLP	5,217,820 CLP	5,408,677 CLP

Tabla: D.3. Estimación de Ahorros Futuros (Cash Flow)

D.4. Cálculo de Business-Case

Performance Ratio (PR) cuenta todas las pérdidas de eficiencia que surgen en un sistema solar, incluyendo las pérdidas del inversor, de los paneles solares y de los cables. El Performance Ratio expresa la proporción de la radiación solar horizontal que se puede convertir en electricidad.

La degradación de los paneles: Se supone una degradación de los paneles de 0,4% al año

Mantenición: Se consideran costos de mantención equivalente al 0,4% de la inversión con un incremento anual de un 2%

Producción por año= Producción por kWp x Potencia instalada

Ingresos por año = Producción por año x precio de la energía eléctrica

Inflación: Se supone que el precio de la energía eléctrica incrementa un 4% al año en el futuro.

Resumen del Proyecto			
Ubicación	GIZ	Latitud	33°25' (Sur)
Potencia instalada	34,65 kWp	Longitud	72°35' (Oeste)
Parámetros de la planta			
Sistema de montaje	Sistema fijo	Panel	Policristalino
	1.112.270		
Inversión por kWp (excl. IVA)	CLP	Degradación del panel	0,40 % / año
Producción por año (1. año)	59.990 kWh	Mantenición	0,4%
	2.429.595	Incremento anual de la mantención	2,0%
Ingresos por año (1. año)	CLP		
Precio de la electricidad		Inversión	
Precio en CLP/kWh	40,5	Inversión total	38.540.165 CLP
Inflación	4,0%	TIR	7,4%
		Amortización	13,4 años
		LCOE	62 CLP/kWh

La Tasa interna de Rendimiento es de 7,4 % y el tiempo de amortización es de 13,4 años, estos datos están calculados estimando una vida útil de 25 años, pero sin considerar los ingresos adicionales de los bonos de producción de energía ERNC y sin considerar una reducción de la potencia Máxima Contratada.

3. Conclusiones y próximos pasos

E.1. Síntesis de la Información

Es posible instalar una planta de 34,65 kWp de potencia eléctrica en la techumbre del Spa Club de Providencia la cual se encontraría ubicada al norte con una inclinación entre 20 ó 30 °.

El sistema es 100% autoconsumo, no existe posibilidad de inyección a la red debido a que la potencia suministrada por la Planta Fotovoltaica durante el día (34,65 kWp-Verano), es menor a la mínima diaria consumida por las instalaciones del Spa Club (75kW). La producción de la planta anualmente es de 59,9 MWh disminuyendo las emisiones de CO2 en 22 Ton/año.

Resumen del Proyecto			
Ubicación	GIZ	Latitud	33°25'° (Sur)
Potencia instalada	34,65 kWp	Longitud	72°35'° (Oeste)
Parámetros de la planta			
Sistema de montaje	Sistema fijo	Panel	Policristalino
	1.112.270		
Inversión por kWp (excl. IVA)	CLP	Degradación del panel	0,40 % / año
Producción por año (1. año)	59.990 kWh	Mantenimiento	0,4%
	2.429.595	Incremento anual de la	
Ingresos por año (1. año)	CLP	mantenimiento	2,0%
Precio de la electricidad		Inversión	
Precio en CLP/kWh	40,5	Inversión total	38.540.165 CLP
Inflación	4,0%	TIR	7,4%
		Amortización	13,4 años
		LCOE	62 CLP/kWh

E.2. Características Técnicas del sistema:

Equipos	Cantidad estimada	Descripción
Paneles Fotovoltaicos	110	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de celda: Monocristalino o Policristalino - Fabricante: Hareon, JA Solar o equivalente - Potencia máxima: 280-315Wp -0/+5,00% - 20 años de garantía con un rendimiento del 80%- - Módulos fotovoltaicos con certificado IEC y aprobado por el TÜV
Inversores de Corriente	2	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricante: SMA Technologie AG o equivalente - Tipo: SMA Sunny Tripower 170000TL o equivalente
Sistema de Monitoreo y Seguimiento	1	<ul style="list-style-type: none"> - SMA Sunny webbox o equivalente
Cableado CC	2	<ul style="list-style-type: none"> - Rador Solarkabel 6 mm² 500m - Resistente al ozono - Protección a la radiación, halógeno libre y efecto retardante contra fuego - Temperatura ambiente mínima - 40 ° C - Máxima temperatura 90 ° C
Protecciones eléctricas	2	<ul style="list-style-type: none"> - Protección Sobrevoltaje Inversor Sunny 17000-TL - Protección toma a tierra
Estructura Montaje	34	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación Triangular de Packs de perfiles de - Certificación por laboratorios TÜV NORMA IEC 61215 - Componentes de aluminio alta calidad y acero inoxidable V2A - Inclinación variable de 20° ó 30° - El sistema debe contar con sellado para filtraciones (si va montado)
Canalización	-----	<ul style="list-style-type: none"> - Canales de cables protegidos contra la radiación UV - Complementos: boquillas de extremo, uniones y abrazaderas - Doble canalización para cableado positivo y negativo (norma vigente)
Documentación proyecto	-----	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega de todos los certificados de calidad de todos los equipos - Entrega de todas las garantías de los productos. - Entrega de los manuales de instalación de los equipos. - Entrega de las fichas técnicas de los equipos.
Equipos de protección individual y Colectivo	-----	<ul style="list-style-type: none"> - Perímetro de seguridad en zona de trabajo - Señalización de las zonas de trabajo y de zonas de riesgo - Señalización riesgos eléctricos de la instalación. - Equipos de Protección Individual (EPI's) para el personal.

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

SPA Club Providencia

4. Análisis de Sensibilidad

F.1. Evaluación Precio Constante Energía

El análisis de sensibilidad consistió en la variación de la inversión interna por parte de la municipalidad, evaluando la TIR y el Payback. Por otro lado se realizó un análisis en cuanto a la variación del precio de la energía.

En los siguientes gráficos se muestra el comportamiento cuando la inversión por parte de la municipalidad fluctúa entre un 70% hasta un 100% equivalente a un 30%-0% de Subsidio externo al proyecto, de esta forma se puede evaluar la rentabilidad del proyecto cuando no toda la inversión se realiza por parte de la municipalidad.

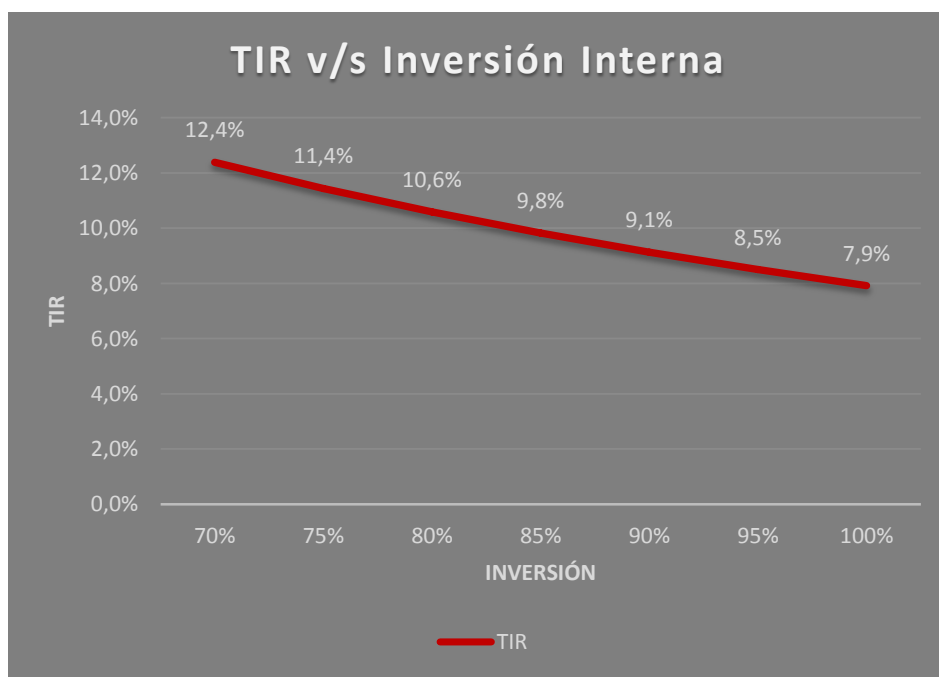
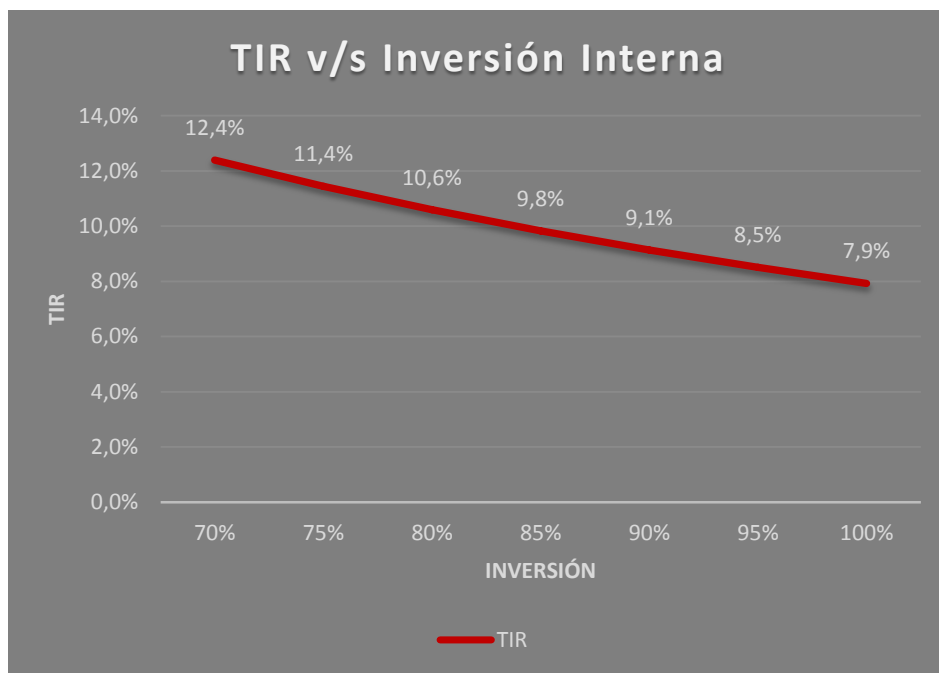


Gráfico F.1: Comparación evolución de la TIR respecto a la inversión interna o con subsidio.

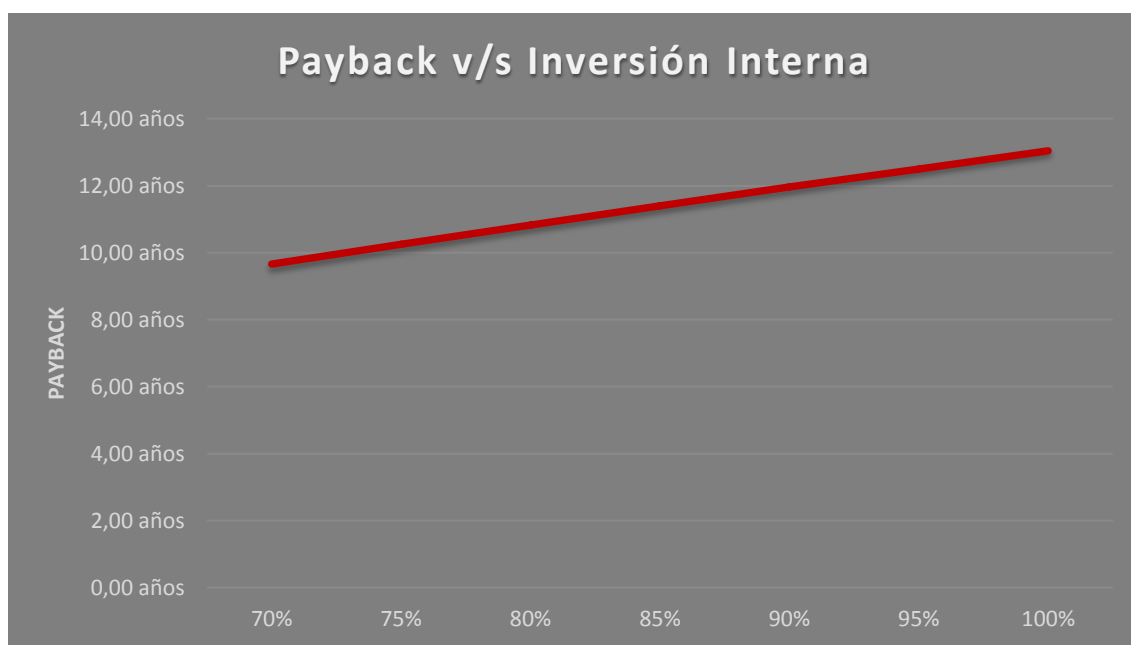
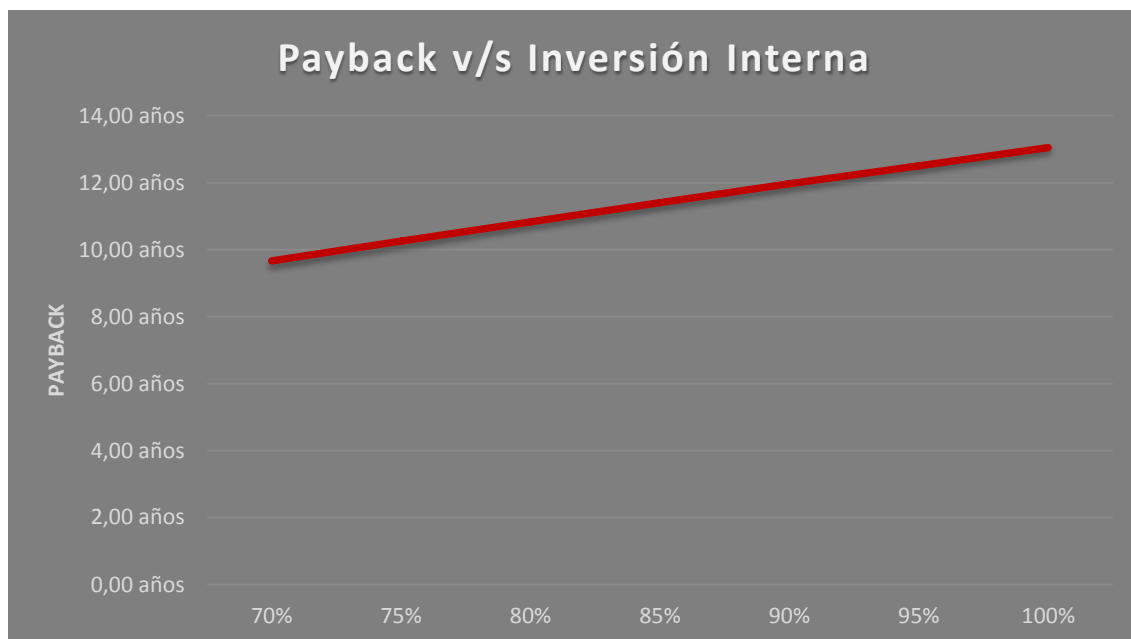


Gráfico F.2: Comparación evolución del Payback respecto a la inversión interna o con subsidio

F.2. Evaluación Precio Variable de la Energía

Respecto a la variación de precios se estableció un rango de entre 36 hasta un 51 CLP/kWh de acuerdo a las últimas estimaciones del ministerio de energía en cuanto al aumento de precio de la energía.

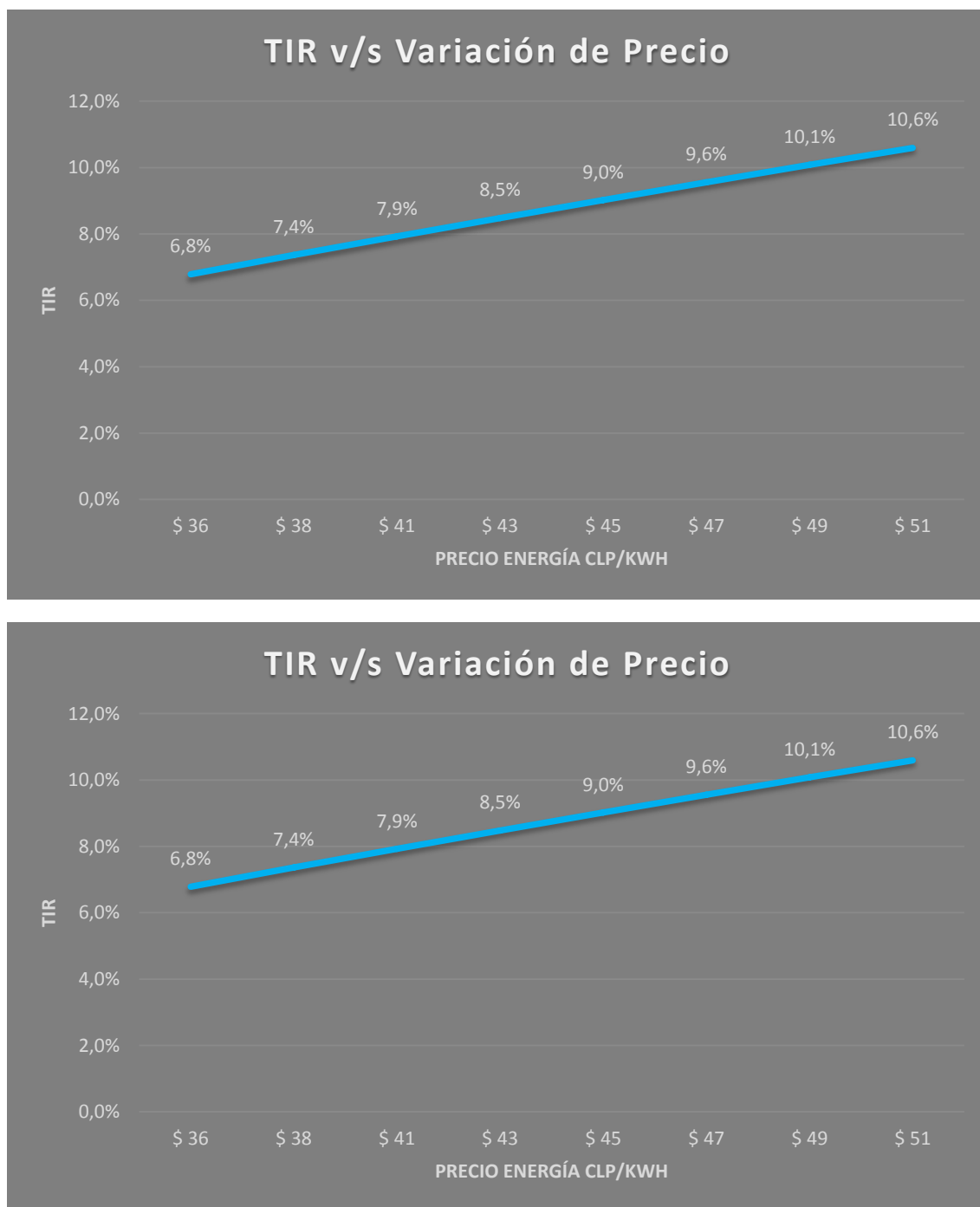


Gráfico F.3: Comparación evolución de la TIR respecto al precio variable de la energía

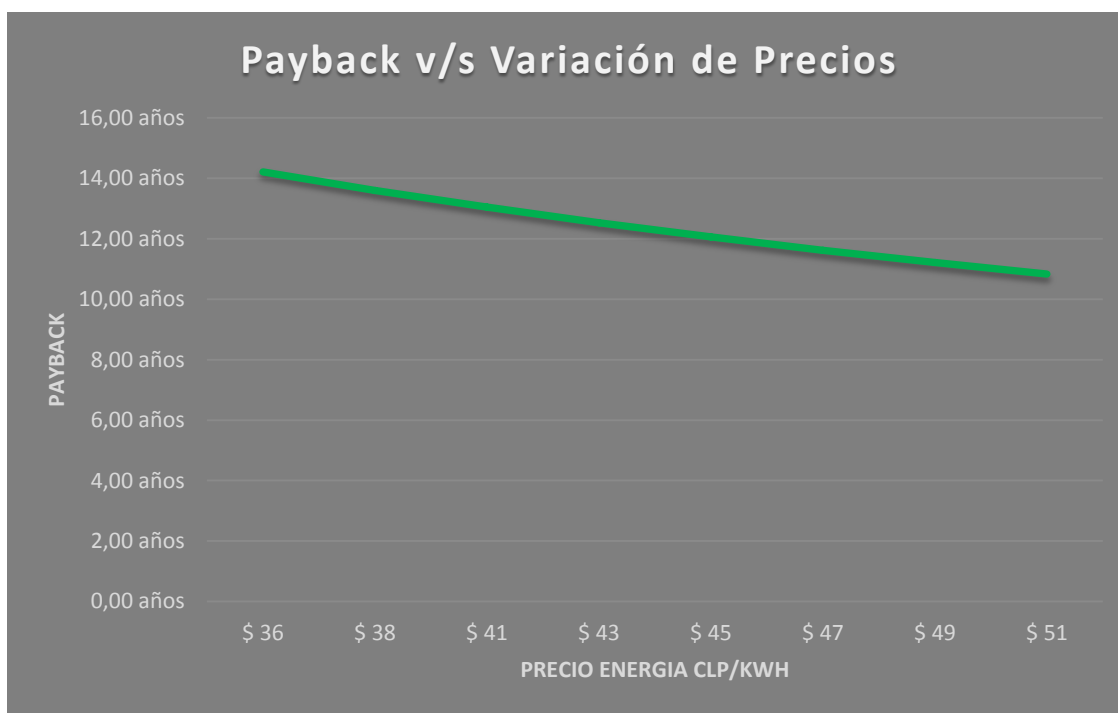
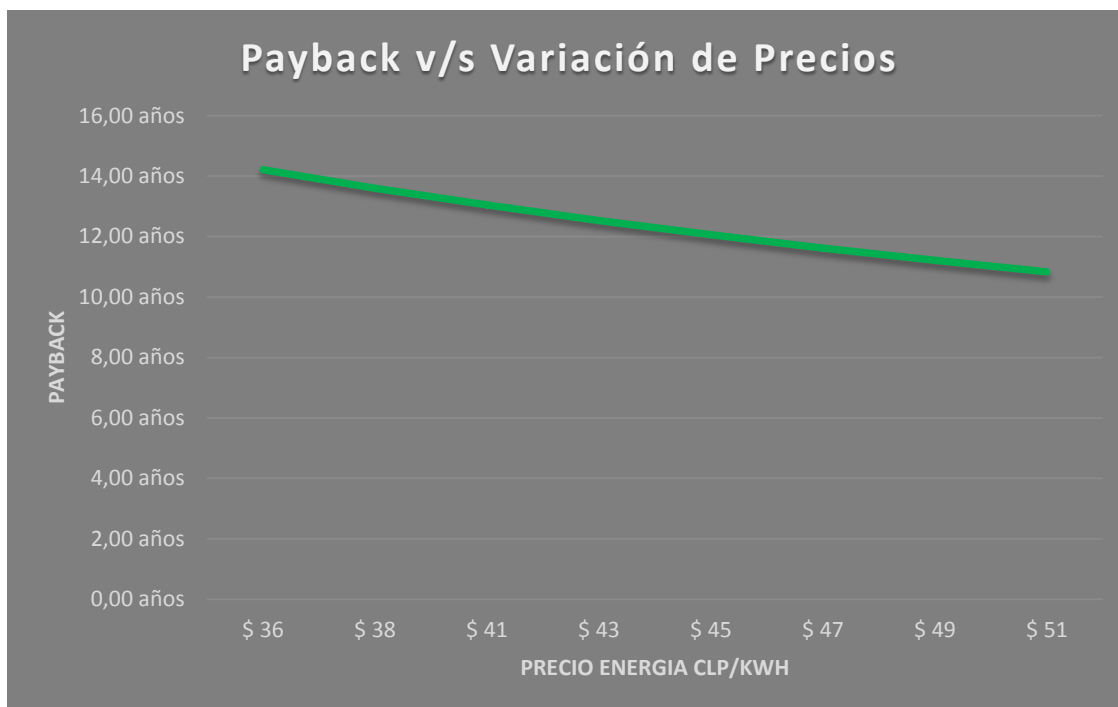


Gráfico F.4: Comparación evolución del Payback respecto al precio variable de la energía